

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年5月10日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23658122

研究課題名（和文） ツバキ科種のアルミニウム集積機構の解明

研究課題名（英文） Elucidating Aluminum Accumulation Mechanisms in Theaceae

研究代表者

大澤裕樹（OSAWA HIROKI）

東京大学・大学院農学生命科学研究科・助教

研究者番号：90401182

研究成果の概要（和文）：アルミニウム集積に基づく耐性の分子構成要素の将来的な同定のために、アルミニウム超集積の鍵となる生理プロセスを発見する必要がある。私たちは、チャに代表される関連2科の8種の植物を調査し、7種の超集積植物の根の内皮細胞でプロアントシアニジン集積が共有されることを同定した。一方、調査対象の中の唯一の非アルミニウム集積種であるモッコク (*Ternstroemia gymnanthera*) では、ほとんどの通導木部においてプロアントシアニジン集積が認められなかった。葉の表現型と季節性の多様性にも関わらず、通導木部におけるプロアントシアニジン集積がこれらのアルミニウム超集積種間で共通の作用モードを持つ可能性が見いだされたことから、おそらくアルミニウムの長距離輸送がプロアントシアニジン輸送を伴うことが示唆された。しかしながら、アルミニウム集積性種の表現型間の木部プロアントシアニジン含量にアルミニウム誘導パターンもアルミニウムとの分子化学量論のいずれも認められなかったことから、プロアントシアニジン以外の追加構成要素が木部のアルミニウム輸送に含まれる可能性があることがわかった。本成果は、定量的に木本植物種の特定期のアルミニウムおよびプロアントシアニジン集積パターンを分析した最初の包括的な研究となる。近縁種のアルミニウム集積の主要な生理学のプロセスに関するこれらの知見は、重金属、水と物質の長距離輸送、および葉の防御機構における有害金属超集積の分子進化と機能のより良い理解につながる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：In the future identification of molecular components for accumulation-based aluminum tolerance, we need to find key physiological processes of aluminum hyperaccumulation in plants. We surveyed eight plant species of two related families represented by the tea plant and identified seven aluminum-hyperaccumulators that share a common proanthocyanidin accumulation in root endodermis cells. In contrast, *Ternstroemia gymnanthera*, a sole aluminum non-accumulator species surveyed in the present study, had no PA accumulation in most of xylem loading parts. Despite the diversity of leaf phenotype and seasonality, proanthocyanidin accumulation in xylem appeared likely to have a common mode of action among the aluminum-hyperaccumulator species, and their long-distance transport of aluminum were accompanied by proanthocyanidin transport. However, Neither aluminum-induction patterns nor stoichiometry with aluminum were found in the xylem proanthocyanidin contents among the aluminum-accumulator phenotypes, implying that additional components other than proanthocyanidins may be involved in the aluminum transport in xylems. This work is the first comprehensive study that quantitatively analyses the aluminum and proanthocyanidin accumulation pattern of related families of woody plant species. These findings regarding key physiological processes of aluminum accumulation in the related species could lead to a better understanding of the molecular and evolutionary functions of the hyperaccumulation of harmful metals, long-distance transport of water and solutes, and defense mechanisms of leaves.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：樹木生理学・造林学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：ツバキ科、アルミニウム、酸性土壌、プロアントシアニジン、根、ヒメシャラ、モッコク

1. 研究開始当初の背景

(1) 酸性土壌で可溶化する過剰のアルミニウムは植物根の成長を阻害する。一方、チャを含む特定の植物は地上器官に多量のアルミニウムを集積して生育するが、これらの植物のアルミニウム集積機構や輸送機構の詳細は不明である。

(2) アルミニウム集積に基づく耐性の分子構成要素の将来的な同定のために、アルミニウム超集積の鍵となる生理プロセスを発見する必要がある。チャの樹液ではアルミニウムとカテキンが複合体を形成するが、カテキンなどの重合体のプロアントシアニジンのアルミニウム輸送や集積における役割は明らかでない。

(3) また、クスノキやアカシヤマンギウムの根端表層にプロアントシアニジンが集積し、アルミニウム排除への関与が示唆されているが、根の内部におけるプロアントシアニジン集積について不明である。

2. 研究の目的

(1) ツバキ科 8 種の地上部へのアルミニウム集積輸送の要因としてのプロアントシアニジンの関与を明らかにするため、これら植物体の樹液に含まれるアルミニウムならびにプロアントシアニジン濃度を明らかにする。

(2) 根内部におけるプロアントシアニジン集積の役割を明らかにするため、ツバキ科 8 種の根ならびに葉の縦横断切片を用いてプロアントシアニジン分布の種間相違を調べた。

3. 研究の方法

(1) 山取り苗あるいは挿し木法により増殖したツバキ科植物 8 種(チャ、ヤブツバキ、ヒサカキ、サカキ、サザンカ、ヒメシャラ、ナツツバキ、モッコク) を水耕栽培により育成した。

(2) 枝条に含まれる樹液をプレッシャーチャンバー法により採取した。アルミニウムはグラファイトファーネス原子吸光光度計を用いて定量した。

(3) 葉および根組織に分布するプロアントシアニジンを p-dimethylaminocinnamaldehyde (DMACA) 染色法により定性し、樹液中のプロアントシアニジンを DMACA 比色法により定量した。

4. 研究成果

(1) モッコク以外の 7 種全てで根内皮にプロアントシアニジンが集積した。また、全種で木部道管と篩管近傍にプロアントシアニジンが集積した。ヒメシャラでは根端から地上器官まで連続して内皮と木部道管および篩管にプロアントシアニジンが集積した。

(2) 一方、ツバキ科 4 種で根表面にプロアントシアニジンは集積せず、モッコク以外のモッコク科 3 種で根端を含む全てで、モッコクで根端から約 3 mm より基部側でプロアントシアニジンが集積した。

(3) モッコク以外のツバキ科種全てで枝の木部道管と篩管にプロアントシアニジンが集積したが、モッコクでは枝の篩管にのみプロアントシアニジンが集積した。根の内皮と地上部の木部道管のプロアントシア

ニジン集積がアルミニウム集積性ツバキ科種とモッコクの間で異なることがわかった。

(4) 葉では、ヒメシャラ・ナツツバキで背軸側、チャ・ヒサカキで向軸側の表皮細胞壁にアルミニウムが局在した。後者では葉表皮の細胞質領域にもアルミニウム分布が認められた。これらの種すべてで葉肉細胞および葉脈の通導組織にプロアントシアニジンが分布した。モッコクでは主側脈の篩管のみプロアントシアニジンが集積した。

(5) 枝条の樹液のプロアントシアニジン濃度は、アルミニウム集積性4種でアルミニウム非集積性種モッコクの10倍以上で、ヒサカキで最大だった。アルミニウムフリーで育成したヒメシャラ、ヒサカキ、サカキ苗の枝条の樹液のプロアントシアニジン濃度は全て前述のアルミニウム集積性種と同レベルとなり、樹液のプロアントシアニジンはアルミニウムによらず一定であることがわかった。

(6) 水挿ししたヒサカキ切枝の樹液プロアントシアニジン濃度は水挿し前の10%以下となり、地上部の樹液プロアントシアニジンが根からの輸送に由来する可能性が示唆された。樹液のプロアントシアニジン濃度はアルミニウム濃度よりも低かったことから、地上部へのプロアントシアニジンとアルミニウム輸送に共輸送以外の要因が含まれる可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

(1) Osawa H, Ikeda S, Tange T (2013) The rapid accumulation of aluminum is ubiquitous in both the evergreen and deciduous leaves of Theaceae and Ternstroemiaceae plants over a wide pH range in acidic soils. *Plant and Soil* 363: 49-59、査読有
10.1007/s11104-012-1285-5

(2) Osawa H, Endo I, Hara Y, Matsushima Y, Tange T (2011) Transient proliferation of proanthocyanidin-accumulating cells on the epidermal apex contributes to

highly aluminum-resistant root elongation in camphor tree. *Plant Physiology* 155: 433-446、査読有
10.1104/pp.110.166967

(3) Endo I, Tange T, Osawa H (2011) A cell-type-specific defect in border cell formation in the *Acacia mangium* root cap developing an extraordinary sheath of sloughed-off cells. *Annals of Botany* 108: 279-290、査読有
10.1093/aob/mcr139

[学会発表] (計 3 件)

① 張萌・大澤裕樹・丹下健、アカシアマンガウム境界様細胞の重合性フラボノイドの細胞学的特性および局在性の解析、124回 日本森林学会大会、2013年3月25日～28日、岩手大学(岩手県)

② 大澤裕樹・遠藤いず貴・丹下健、木本性種の根端細胞におけるプロアントシアニジン局在の細胞学的解析、123回 日本森林学会大会、2012年3月28日、宇都宮大学(栃木県)

③ 大澤裕樹 Transient proliferation of proanthocyanidin-accumulating cells on the epidermal apex contributes to highly aluminum-resistant root elongation in camphor tree. 123回 日本森林学会大会 日本森林学会奨励賞受賞講演、2012年3月27日、宇都宮大学(栃木県)

[その他]

ホームページ等

<http://silva.fr.a.u-tokyo.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大澤裕樹 (OSAWA HIROKI)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・助教

研究者番号：90401182

(3) 連携研究者

丹下 健 (TANGE TAKESHI)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・教授

研究者番号：20179922

小島 克己 (KOJIMA KATSUMI)

東京大学・アジア生物資源環境研究センター
教授
研究者番号：80211895